

# 用户行为信息管理与建筑环境设计品质改善

班淇超<sup>1,2,5</sup>, 陈冰<sup>2</sup>, 康健<sup>3,4</sup>, 斯蒂芬·沙普尔斯<sup>5</sup>, 李节<sup>2</sup>, 姚佳伟<sup>6</sup> (1. 青岛理工大学 建筑与城乡规划学院, 山东 青岛 266033; 2. 西交利物浦大学 城市规划与设计系, 江苏 苏州 215123; 3. 英国谢菲尔德大学 建筑学院, 英国 谢菲尔德; 4. 哈尔滨工业大学 建筑学院, 黑龙江 哈尔滨 150001; 5. 英国利物浦大学 建筑学院, 英国 利物浦; 6. 同济大学 建筑与城市规划学院, 上海 200092)

[摘要] 结合绿色建筑与 BIM 理论, 以数字技术为基础, 提出将建筑使用者的行为与状态等信息纳入建筑信息范畴, 并对这些信息进行统计与归纳, 形成可用于改善建筑环境设计品质的方法——用户行为信息管理。研究选取医疗建筑为研究对象, 通过实验采集环境噪声与用户满意度等相关信息并进行对比, 验证这一系统的有效性, 揭示了建立用户健康信息数据库、并以之辅助建筑环境循证设计的重要性。

[关键词] 用户行为信息管理; 数字技术; 声环境; 循证设计; 健康建筑

[中图分类号] TU023

[文献标识码] A

## User Behavior Information Management and Design Quality Optimization of the Building Environment

BAN Qichao<sup>1,2,5</sup>, CHEN Bing<sup>2</sup>, KANG Jian<sup>3,4</sup>, Stephen SHARPLES<sup>5</sup>, LI Jie<sup>2</sup>, YAO Jiawei<sup>6</sup> (1. College of Architecture and Urban Planning, Qingdao University of Technology, Qingdao 266033, Shandong, China; 2. Department of Urban Planning and Design, Xi'an Jiaotong-Liverpool University, Suzhou 215123, Jiangsu, China; 3. School of Architecture, University of Sheffield, Sheffield, UK; 4. School of Architecture, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, Heilongjiang, China; 5. School of Architecture, University of Liverpool, Liverpool, UK; 6. College of Architecture and Urban Planning, Tongji University, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** This paper proposes a User Behavior Information Management system on the basis of digital technologies by combining with the principles of green architecture and Building Information Modeling (BIM). This paper shows a pilot study that is designed to verify the effectiveness of the User Behavior Information Management system based on a comparative study between the acoustic environment of a hospital and patients' satisfaction degrees. The importance of establishing users' health information database and using it to inform the design of healthcare environments according to the evidence-based design principle is also stressed in this paper.

**Keywords:** user behavior information management (UBIM), digital technology, acoustic environment, evidence-based design, healthy building

## 0 引言

纵观当今建筑设计理论及发展趋势,“全周期绿色建筑”与“BIM”受到了建筑界乃至整个社会的

关注。绿色建筑设计注重自然环境与人的和谐共生,强调建筑环境整体品质及可持续性,以及对环境保护和人体健康的影响<sup>[1]</sup>;而 BIM 则强调建筑设计与管理的信息化,利用数字技术优势,打造“智能管理下的建筑模式”<sup>[2]</sup>。其中 BIM 可归纳为 Building Information Modeling (建筑信息建模)、Building Information Model (建筑信息模型)或 Building Information Management (建筑信息管理),而这三组定义又可看作是建筑信息运用的不同发展阶段,即“建筑信息通过计算机三维模型的方式建立和统一起来”、“计算机三维模型在建筑各个方面提供可依据的相关信息”、以及“在建筑各方面、各阶

[收稿日期] 2017-09-14 [修回日期] 2017-11-22

[基金项目] 西交利物浦大学研究发展基金项目 (RDF-15-01-19 & RDF-11-01-15); 中国博士后科学基金面上资助项目 (2018M632162)

[作者简介] 班淇超 (1986-) 男, 博士, 讲师

[通讯作者] 姚佳伟 (1987-) 男, 博士, 博士后

[联系方式] qichao\_ban@qut.edu.cn

段大量运用经过统计的建筑信息从而对建筑进行管理以及引导未来建筑设计”,三者共同组成广义 BIM 理念。

全周期绿色建筑设计 与 BIM 在建筑设计过程中虽然存在着不同的侧重点,但两者都注重对建筑信息的运用:通过对建筑整体环境的模拟、记录以及反复比对等方式,完善和优化建筑方案并最终提升室内外环境设计品质<sup>[3]</sup>。然而目前业界常用到的建筑信息,主要包括建筑的物理环境(场地及室内自然环境信息,包括日照采光、自然通风、噪声值、水管理系统等)和施工材料及设备信息。而将建筑用户(最终使用者)在建筑空间内的行为及状态定义为建筑信息范畴,并将此类信息用于指导建筑设计和管理的思维却并没有得到相应的关注,相对较少地出现在研究或实际应用等领域。

2016 年 10 月 25 日,国务院颁布了《“健康中国 2030”的规划纲要》,提出推进健康中国建设的国家战略<sup>[4]</sup>。相应的,建筑领域也在绿色建筑发展目标的基础上提出了“健康建筑”的理念,并促进了我国建筑学会标准 T/ASC02—2016《健康建筑评价标准》的制定及实施<sup>[5]</sup>。“健康建筑”强调绿色建筑理论中的室内环境舒适度及其对用户身心健康的影响等指标,从用户健康角度提出评价建筑环境设计品质的标准。基于这一标准,可以推断出用户在建筑内的行为与状态等信息可用于衡量建筑功能和提升建筑环境的设计品质。

针对用户信息在当前建筑功能评价过程中缺失以及未来健康建筑发展趋势等问题,本文旨在提出一种利用建筑用户行为信息指导和优化建筑环境设计品质及功能的方法——“用户行为信息管理”系统(User Behavior Information Management,简称 UBIM)(图 1)。该方法结合全周期绿色建筑与“建筑信息管理(BIM)”理论,以建筑健康环境为目标,以 BIM 数字技术和智能设备为基础,对用户行为进行监测和统计等量化工作,形成在各类建筑环境影响下的关于用户状态的指导性数据,在循证设计原理的基础上改善建筑环境设计。UBIM 系统可以看作是“建筑信息管理”体系(Building Information Management)下的一部分,一方面进一步强调了建筑环境对用户健康的促进作用,分析当前设计策略对用户健康的具体影响程度;另一方面通过对这些影响的深入分析和总结,针对未来同类型的建筑提出

更好的设计思路。两方面相互补充形成循环,对改善建筑健康功能形成有力支撑。本次研究将通过一系列在医疗建筑中探索声环境与用户行为之间相互关系的实验,结合数学统计与计算机数字仿真模拟技术,对 UBIM 系统进行更为详细与深入的诠释。

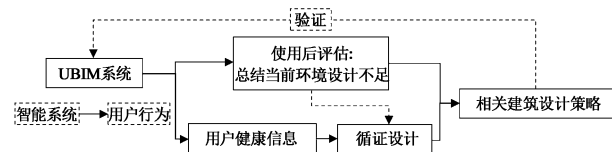


图1 UBIM系统对建筑环境设计的优化流程

## 1 医疗建筑声环境

现代循证研究表明,医疗建筑环境设计对用户的生理和心理健康有着极其重要的作用和意义<sup>[6]</sup>。相对于其他类型建筑,医疗建筑的健康功能更为重要,其原因在于医疗建筑所面对的大量用户属于“非健康状态下、等待接受治疗或照料的病人”,这些用户对健康的渴望更为强烈,这也是目前循证设计研究主要集中在医疗建筑及环境领域的原因之一。在医疗建筑室内外物理环境的影响下,患者会表现出不同的行为与状态,而这些行为与状态又直接反映出医疗建筑的康复功能和用户满意度<sup>[7]</sup>。

在医疗建筑物理环境中,声环境对人体健康的影响起着极其重要的作用。以往的循证研究表明,噪声对患者的康复会产生影响,当室内噪声值超过 55 dB(A)(分贝)时,患者的康复速率会出现不同程度的降低<sup>[8]</sup>。良好的噪声控制以及舒缓的音乐,可以有效缓解患者的不良情绪,如叹气、焦虑、沮丧、哭泣等,从而降低血压<sup>[6,8]</sup>。而当室内的噪声值不断增高时,患者对术后疼痛的忍耐程度将会降低,此时患者对止痛药的需求和依赖则更加强烈<sup>[9]</sup>。医疗建筑的室内声环境,已经成为影响用户对整个医疗环境满意度的最大因素<sup>[10]</sup>。因此,良好的声环境,可以保证患者的睡眠质量、居住心情和康复速率,有效促进用户健康,是绿色医疗建筑与健康建筑评估中必不可少的一环。

1968 年,欣克利(Minckley)通过在美国红杉医院所进行的为期九年的临床实验表明,病房正常噪声值应维持在 50~60 dB(A)之间,而影响患者睡眠的噪声,主要来自于用户(包括患者、家属及医护人员)的活动和交谈,这些行为会将室内噪声值提高

到 60~70 dB(A), 而当出现用户穿着高跟鞋走路的行为出现时, 室内噪声值将达到 80 dB(A) 以上<sup>[9]</sup>。此外, 惠特菲尔德(Whitfield)指出, 室内环境噪声中, 患者咳嗽噪声出现的概率为 72%、打鼾噪声为 57%、呻吟噪声为 48%, 而用户交流产生的噪声则为 47%<sup>[11]</sup>。

以上研究成果表明, 很多对患者健康和康复产生负面影响的噪声均来自于用户行为。因此, 通过对用户行为信息的统计, 定义出“噪声行为”(Noise Behavior) 并利用建筑环境设计对之进行有效管理, 将有益于室内噪声的控制并对其他用户的有利行为带来支持<sup>[12]</sup>。基于上述推断, 本次针对 UBIM 系统应用的研究将定位于用户行为与医疗建筑声环境之间的关系。研究严格遵循循证设计和社会学研究原理, 选取医疗建筑声环境作为研究对象, 对与之相关的用户行为——患者/家属/医护人员行为噪声值(Behavior Sound Level) 与患者睡眠情况进行分析, 通过选取某三级乙等综合医院产房病房进行实验设计和数据收集的方式, 获取患者的睡眠质量与声环境满意度等资料, 从而对“通过建立 UBIM 系统改善建筑环境设计品质”这一理论的可行性和预期效果进行初步论证。

## 2 医疗建筑声环境 UBIM 系统实验设计

### 2.1 噪声行为筛选

噪声之所以被定义为噪声, 其原因在于这些声音是用户所不希望的(如休息和睡眠被打断), 而这些影响又造成了用户——尤其是非健康状态的患者——不良情绪的产生或身体机能的不适。然而由于物理环境与用户的差异, 需要通过用户的亲身感受从环境内不同的声音中筛选出噪声。基于上述分析, 实验的第一阶段主要围绕可能对患者产生影响的噪声行为的筛选工作展开。实验首先采用“焦点小组”方法, 组织小范围内的初步研究, 采用自愿原则, 在研究地点(某三乙医院产房病房) 随机邀请 12 位住院患者(包括孕妇及产妇) 讨论对其产生影响的噪声行为。根据小组讨论结果可知, 用户噪声行为主要包括: 手机操作(电话、短信、APP 等)、新生儿哭闹、家属走路、楼道内等候区的家属聊天、门/柜子开关、护士查房时交谈、冲马桶、使用水龙头、患者咳嗽与患者睡眠打鼾。

表 1 问卷问题示例

住院期间, 以下声音对您睡眠的影响程度	完全没影响	几乎没影响	一般	影响较大	影响极大
手机铃声(电话、短信、APP 等)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
病房内新生儿哭闹声	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

(完全没影响: 1 分; 几乎没影响: 2 分; 一般: 3 分; 影响较大: 4 分; 影响极大: 5 分)。

实验进一步对上述行为所产生的噪声影响排序, 采用李克特五点量表法, 以问卷形式获得患者对这些噪声影响的态度并进行量化(表 1)。问卷调研为期 7 天, 这期间内医院产房病房的注册住院人数总计 102 人, 因此发放问卷共 102 份, 其中收回问卷 45 份, 有效问卷 37 份, 回收率为 36.3%, 因此统计结果具有一定的代表性<sup>[13]</sup>。统计结果显示“手机铃声”、“婴儿哭闹声”、“脚步声”和“家属聊天声”的平均分超过 4 分, 意味着这些声音对患者“影响较大”; “门/柜子开关声”和“护士查房交谈声”平均分在 3~4 之间, 意味着影响程度属于“一般”; 而“冲马桶声”、“使用水龙头声”、“咳嗽声”以及“鼾声”的平均分较低(小于 3 分), 对患者影响较小(图 2)。这一结果有助于了解产房病房患者对外界噪声的感受, 同时对未来医疗建筑病房设计具有指导作用。

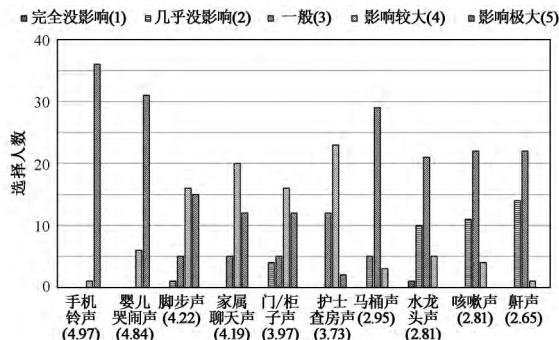


图 2 病房内噪声对患者的影响程度

结合问卷中的定量分析, 研究人员再次邀请 7 位患者代表进行后续访谈, 讨论问卷结果, 进一步了解患者对这些噪声的感受, 并通过定性分析进行筛选。根据各行影响程度的讨论, 噪声可分为 3 个级别:

1) 家属聊天声、脚步声: 此类噪声的影响程度最大, 患者代表认为“无法忍受”, 尤其是聊天声“不

分昼夜地出现”。通过现场观察发现,医院室内空间流线组织过程中,为保证医疗流程的效率,家属等候区常设置在产房入口(便于医护人员及时找到术中患者的家属),而产房入口同时设置待产室(针对出现迹象随时可能生产的孕妇,便于观察与及时手术);家属的聊天声过大时,将直接影响到待产室内患者的情绪及周围病房术后患者的休息。此外,在夜间,当患者进入产房(包括待产室或手术室)后,等候区的家属会通过聊天避免犯困,且持续时间较长,不知不觉噪声值会提高,而基于上文中所提到的循证研究成果,高噪声值将导致孕妇及产妇对疼痛忍耐程度的降低,对患者产生极大的困扰。

2) 手机铃声、婴儿哭闹声: 此类噪声存在一定的影响,然而患者代表普遍认为在手机铃声出现一次之后,手机拥有者及其他患者会意识到这一问题,并将手机调至震动,因此出现频率不高;婴儿哭闹声属于正常现象,应给予充分理解,而降低这一噪声的方法只有采用单人病房的形式,现阶段并不能满足所有患者需求。

3) 其他噪声: 如门/柜子开关声、冲马桶声、水龙头声等,患者代表表示影响度不大,均在忍受范围内。此类噪声可采用空间划分或设备升级的方法进行处理,进一步降低噪声的影响程度。

采访所获得的定性分析结果与问卷中的定量结果基本一致,因此本实验将“楼道内等候区的家属聊天声”和“楼道脚步声”作为主要研究内容,而产生这些噪声的行为,可以通过影响用户(主要是家属)意识进而让用户主动调整自身行为的方式加以控制,具备 UBIM 技术降噪的可行性。

## 2.2 声环境 UBIM 设计

实验的第二阶段,可以称之为“声环境 UBIM 设计”或“患者睡眠监控及统计”,是结合当前数字技术水平,对第一阶段选取的噪声行为制定监控和降噪方案(图3)。由于患者的睡眠质量与其他用户的噪声行为(聊天、走路)之间存在着直接地冲突,因此两者的矛盾是本次声环境 UBIM 系统设计的重点。

本次实验属于探索性初步研究,所以实验没有采用医用级别的睡眠记录设备,而是选取了目前市面上较为普遍的智能手环作为监测工具——参与实验的患者在住院期间佩戴手环(基于卫生考虑,实验参与人员全部为术后住院患者),研究人员使用

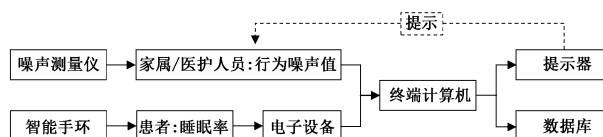


图3 声环境 UBIM 系统设计

手环进行数据监测。此外,患者所佩戴的手环与研究人员手中的电子设备(手机、平板电脑等)连接,利用 APP 应用程序完成患者睡眠行为数据的收集,观测患者睡眠情况。需要注意的是,实验中采用人工方式读取 APP 数据,并在终端计算机上录入和统计,而完善的 UBIM 系统则应当进行智能设备间的无缝连接与信息一体化,无需人工记录这一步,也可进而避免人为误差。在这一过程中,患者睡眠情况的数据在计算机上统计之后,会在楼道内的提示器上显示。提示器以及噪声测量仪(本次研究采用标智 GM1356-3 型声级计,精度  $\pm 1.5 \text{ dB(A)}$ ) 设置在经现场实测后“家属聊天声”和“脚步声”的主要发生区域(走廊家属等候区、病房主入口)(图4)。提示器显示当前病房内所有患者的睡眠情况(睡眠率)、该区域当前噪声值和循证设计研究推导出的建议标准值( $55 \text{ dB(A)}$ ),如图5所示,从而提醒家属用户主动控制音量,减少噪声的产生。

## 2.3 对比实验统计分析

第三阶段“对比实验统计分析”设置实验组和对照组,对第二阶段所设计的声环境 UBIM 系统的效果进行检测。其中实验组为部分患者代表提供手环进行睡眠监测,并在家属等候区和病房主入口,安装噪声测量仪和提示器,整个实验期间实时提供患者睡眠率(抽查值)、当前区域噪声值等测量结果。当区域噪声过高超过标准值时,会向区域内家属用户发出提示;而对照组则保持之前状态,仅安装噪声测量仪记录区域的噪声值。两组实验各为期 10 d,并分别向患者用户发放问卷 50 份(表2),用来量化患者的声环境满意度,最终实验组与对照组分别收回有效问卷 31 份(回收率 62%)和 36 份(回收率 72%)。

表2 满意度调查问卷示例

	完全不满意	不满意	一般	满意	非常满意
您对住院期间周围噪声控制的满意程度	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

注: 完全不满意: 1 分; 不满意: 2 分; 一般: 3 分; 满意: 4 分; 非常满意: 5 分。



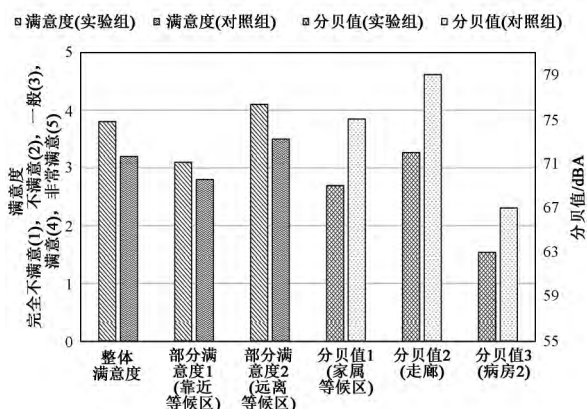


图6 用户声环境满意度及最高噪声值对比

噪声仍然过高,影响了研究地点的整体声环境质量,需要进一步进行研究,使病房内达到适宜的噪声值,从而保证和促进患者的康复速率。

### 3 UBIM 系统在指导设计中的应用

#### 3.1 医疗建筑声环境 UBIM 实验结果讨论

常规医院设计方案,会选择在部分通道或者节点区域,设置椅子形成休息区或等候区,为患者或家属提供便利,提高医院的用户满意度。然而本次实验发现,休息区的设计需要同时考虑到用户在使用过程中所产生的行为,有可能出现的噪声会对周围区域(尤其是周边的医疗区域——待产室或住院区域——病房)产生不利影响,最终导致在提高一部分用户(如家属)满意度的同时降低了另一部分用户(休息区或等候区周边病房的患者)的满意度。

通过实验中各用户行为之间潜在联系的探索可知,家属等候区的设计,需要结合该区域的使用时间和使用过程中用户所产生的各种行为等信息。以本次研究地点产房病房为例,家属等候区、待产室、手术室、周边病房的设计是以医疗流程及效率为出发点,这种各区域紧密联系的设计保证了区域之间功能的有效合作。但等候区却因开放式设计以及24小时使用等特点出现了影响待产室及周边病房内患者情绪和睡眠的问题,且在UBIM系统提示的介入下仍出现噪声值过高(超过55 dB(A))的情况。因此这些区域的设计应当结合用户的行为信息,遵循“流线/功能的联系与环境的独立”原则,如对等候区采用封闭空间、隔声材料等设计,起到降噪作用,在无法完全杜绝家属聊天行为的情况下,进行噪声控制。

#### 3.2 声环境模拟分析

基于上述讨论,本次实验对该医院现状进行假设性改造,验证封闭空间与隔声材料的设计对该产房病房各区域的降噪作用:将原开放式家属等候区北面最靠近待产室的病房(病房1)改造为独立式等候室,并将该房间面对走廊的墙体(南墙)设置大玻璃窗,方便家属及时了解外面情况以及被医护人员找到;其余墙体则加装隔声材料。改造方案与原始方案均导入COMSOL Multiphysics的声学模块(Acoustics Module),利用计算机数字仿真模拟技术进行计算,并对比最终数据(图7、表3)。

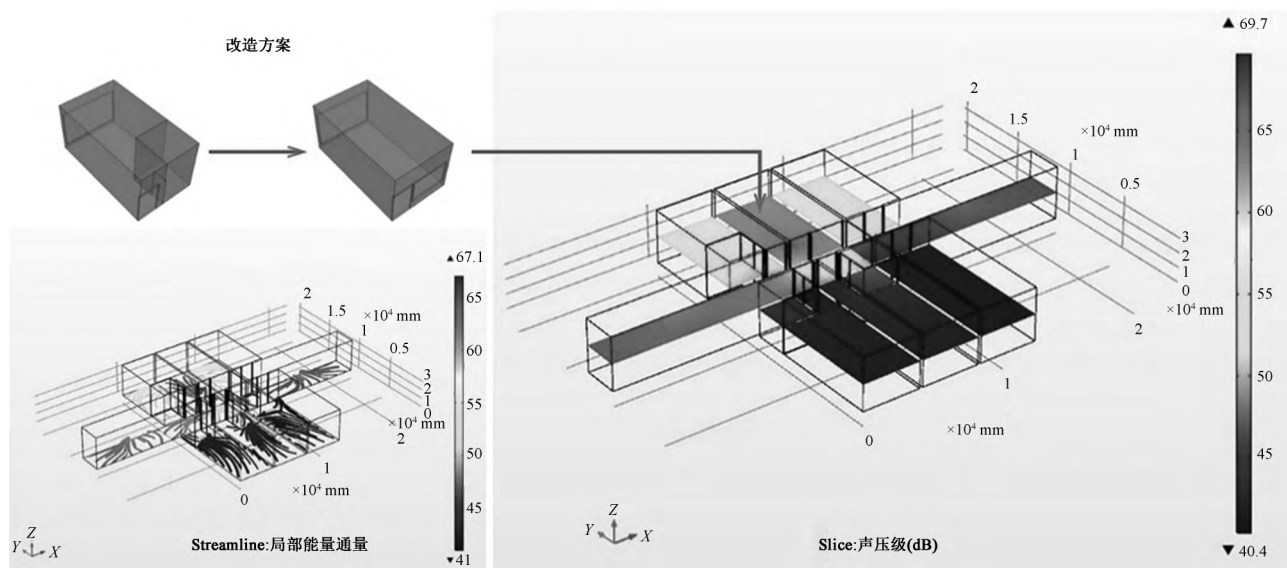


图7 改造方案及噪声声压级/能量通量分析图(有UBIM介入)

表 3 噪声模拟对比分析

噪声位置 声源峰值 dB(A)	原始方案		改造方案	
	开放式等候区(走廊)		独立式等候室	
	75(无 UBIM 介入)	69(有 UBIM 介入)	75(无 UBIM 介入)	69(有 UBIM 介入)
周边房间噪声模拟值 dB(A)	待产室: 62.1	待产室: 57.9	待产室: 61.7	待产室: 55.6
	病房 1: 65.1	病房 1: 59.8	病房 2: 62.9	病房 2: 55.5
	病房 2: 64.9	病房 2: 58.7	病房 3: 48.47	病房 3: 43.2
	病房 3: 64.7	病房 3: 59.3	病房 4: 48.2	病房 4: 43.1
	病房 4: 64.8	病房 4: 58.2	走廊: 59.7	走廊: 54.5
墙体隔声材料及参数	等候室窗户: 双层玻璃(25 mm 空气层 100 mm) 隔声墙: 聚酯纤维吸声板(9 mm 空腔 100 mm)			
改造成本	约 8 000 元			

(噪声“声源峰值”采用“对比实验统计分析”中“无/有 UBIM 介入”两种情况下所测量出的最高噪声值为依据进行设定)。

表 3 显示,改造方案中当等候室聊天所产生的最高噪声值为 69 dB(A)(有 UBIM 介入)时,待产室与周边病房最高噪声值在 43.1~55.6 dB(A)之间,近似于之前循证研究所提出的建议值(55 dB(A)),这意味着噪声值得到了良好地控制,且达到这一条件的改造成本(材料费)约为 8 000 元(聚酯纤维吸声板 6 500 元+双层玻璃 1 500 元)。这一结果对医疗建筑家属等候区提供了新的设计依据:结合用户行为信息管理,当病房等候区使用率较高(尤其是夜间也会使用)且靠近医疗/住院区域时,不宜采用开放式设计,需要进行相应的降噪处理,因为在使用过程中用户的聊天行为所产生的噪声,可能会影响周边诊室或病房患者的休息,进而影响到患者的情绪与康复速率等健康因素。作为新的设计依据,该发现在未来实践中得到更多论证后,可以作为循证设计策略在指导未来医疗建筑设计的过程中得到有效应用<sup>[14]</sup>。此外,改造方案一方面有利于产房病房的交通效率,另一方面却占用了病房面积并相应地降低了病房的床位数,这也为医疗建筑设计师在空间利用方面带来了新的挑战。

#### 4 结 语

本次研究通过在医疗建筑声环境中运用 UBIM 系统进行噪声控制的实验,对“建筑使用者行为及状态等信息纳入建筑信息范畴,并以之改善建筑环境设计品质”这一理论在健康建筑中应用的可行性和有效性做出了验证,证明用户行为信息的统计有助于了解用户与用户之间、用户与环境之间的联系,从而对测试和优化整体建筑环境设计品质和建筑健康功能起到了支持作用,并对医疗建筑病房等候区

设计提出了新的研究依据。

基于本次实验的初步探索,可进一步丰富用户行为信息内容,通过患者对声环境的满意度、以及国外循证研究所统计出的数据作为标准,最终形成 UBIM 系统所追求的长期患者康复情况与健康信息的具体数据(患者住院时间、病床周转次数、患者用药量等),从而对设计做出更为科学的判断。在实际应用过程中,完善的用户行为信息管理系统,不仅在于利用数字技术监测和收集用户在建筑内各种状态(生理及心理),而是将这些信息大数据化,结合建筑室内外自然环境(光环境、热环境、声环境、风环境、水环境等)及空间设计的具体情况打造 BIM 综合数据库,从而统计出用户在各种因素影响下的健康指标(如医疗建筑内患者的康复速率、用药量等信息)并汇总成用户健康信息,结合国际研究内容形成符合亚洲人种和我国国情的循证研究成果,推断出有针对性的、可促进用户健康的循证设计策略,为良好的建筑环境设计和复杂的建筑工艺设计提供解决方案,并通过这些解决方案反过来进一步验证和提升建筑环境对用户健康的促进作用。

运用信息和数据指导整个行业的发展,已成为当今社会的共识。建筑信息大数据作为未来建筑行业的一部分,成为建筑业发展的有力驱动。伴随着我国对健康建筑发展的重视,用户行为信息管理将成为建筑设计“以人为本”原则的具体体现,并对用户健康信息数据库的建立和循证设计研究提供支持,成为全周期绿色建筑与 BIM 理论结合的关键。本次研究成果不仅有益于加强业界对促使医疗建筑设计和管理的各类数据的关注,对提高绿色医疗建筑的设计品质和实现环境对用户健康的提升等

方面给予建议;而且有助于开拓研究思路,凭借对建筑用户行为信息的研究和运用,形成有效的循证设计策略并推导应用到其他类型建筑上,最终推动我国健康建筑及其相关评价标准的优化,实现整个健康建筑行业的发展。

致谢 感谢参与本次调研并提供信息的患者代表。该实验得到相关伦理道德委员会的审批,对所有参与人员的私人信息将严格保密。

#### 【参考文献】

- [1] 中国建筑科学研究院,上海市建筑科学研究院(集团)有限公司. GB/T 50378—2014 绿色建筑评价标准[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2014
- [2] 中国建筑科学研究院. GB/T 51212—2016 建筑信息模型应用统一标准[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2016
- [3] 陈冰,张华,尹金秋,等. 循证设计原理及其在绿色建筑领域的应用[J]. 生态城市与绿色建筑,2016(2):35-41
- [4] 《建设科技》编辑部. 健康中国与健康建筑[J]. 建设科技,2017(4):1
- [5] 中国建筑科学研究院,中国城市科学研究会,中国建筑设计研究院有限公司. T/ASC02—2016 健康建筑评价标准[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2017
- [6] 班淇超,陈冰,Sharples S,等. 循证设计策略在医疗建筑环境领域的应用研究[J]. 中国医院建筑与装备,2016(10):95-100
- [7] Phiri M,Chen B. Sustainability and Evidence-based Design in the Healthcare Estate[M]. Heidelberg: Springer,2014
- [8] Bayo M V,Garcia M A,Garcia A. Noise Levels in An Urban Hospital and Workers' Subjective Responses[J]. Archives of Environmental Health,1995(50):330-332
- [9] Minckley B B. A Study of Noise and Its Relationship to Patient Discomfort in the Recovery Room[J]. Nursing Research,1968,(3):247-250
- [10] 秦鑫,康健,金虹. 医院建筑声环境医护满意度评价体系研究[J]. 华中建筑,2011(7):67-70
- [11] Whitfield S. Noise on the Ward at Night[J]. Nursing Times,1975(11):408-412
- [12] Xie H,Kang J,Mills GH. Behavior Observation of Major Noise Sources in Critical Care Wards[J]. Journal of Critical Care,2013(28):1109.e5-1109.e18
- [13] Bryman A. Social Research Methods[M]. Oxford: Oxford University Press,2014
- [14] 班淇超,陈冰,格伦,等. 医疗建筑环境设计辅助工具与可持续评价标准的研究[J]. 建筑学报,2016(11):99-103
- (上接第48页)
- [6] 康升嫻,欧达毅. 开放式办公室声环境测评研究[J]. 建筑科学,2017,33(4):43-50
- [7] Kang S,Ou D,Mak CM. The impact of indoor environmental quality on work productivity in university open-plan research offices[J]. Building & Environment,2017,124:78-89
- [8] 祁润钊,周铁军. 校园宿舍卫生间声环境问题浅析——以重庆大学宿舍为例[J]. 建筑科学,2014,30(8):113-116
- [9] 姜雨杉,欧达毅. 大学生公寓声环境调查与评价[J]. 华侨大学学报(自然版),2017,38(4):503-508
- [10] 宋拥民,盛胜我. 利用虚拟声环境研究教室语言清晰度[J]. 同济大学学报(自然科学版),2009,37(8):1060-1064
- [11] 徐欢,欧达毅. 福清市中小学教室声环境调查与评价[J]. 建筑科学,2016,32(4):77-86
- [12] 宋拥民,盛胜我,祝培生. 同济大学教室室内外噪声状况调查[J]. 同济大学学报(自然科学版),2007,35(3):372-376
- [13] 段丹阳. 中国高校全英教学理论探讨[J]. 高等建筑教育,2017,26(5):82-86
- [14] 欧达毅. 全英教学模式在建筑学专业课程中的应用初探[J]. 中外建筑,2016(6):49-50
- [15] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 中华人民共和国国家标准室内混响时间测量规范:GB/T 50076—2013. 中国建筑工业出版社,2014
- [16] 城乡建设环境保护部. 民用建筑隔声设计规范[S]. 北京:中国计划出版社,1989
- [17] 马秀麟. 数据分析方法及应用[M]. 北京:人民邮电出版社,2015.